

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-328047

(43)Date of publication of application : 13.12.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/141

G02F 1/133

(21)Application number : 07-157116

(71)Applicant : CASIO COMPUT CO LTD

(22)Date of filing : 31.05.1995

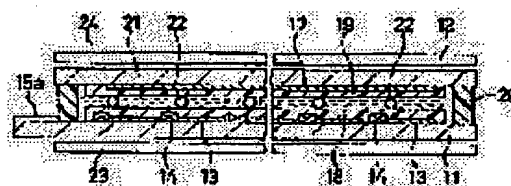
(72)Inventor : TANAKA TOMIO
YOSHIDA TETSUSHI

(54) ANTIFERROELECTRIC LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To allow an antiferroelectric liquid crystal display element of an active matrix type to distinct gradation display.

CONSTITUTION: Antiferroelectric liquid crystals 21 constituting of liquid crystal molecules which have first and second ferroelectric phases and antiferroelectric phase varying in the arranging states of the liquid crystal molecules from each other and rotating around the molecule major axis are sealed into the liquid crystal display element of the active matrix type in the state that the double spiral structures drawn by the liquid crystal molecules of the smectic CA* phase dissipate. The rotation of the liquid crystal molecules is suppressed and the liquid crystal molecules incline in the direction perpendicular to the impressed electric field when voltage is impressed on the antiferroelectric liquid crystals 21. Since the inclination of the liquid crystal molecules corresponds to the impressed voltage, the directors of the antiferroelectric liquid crystals 21 change continuously according to the impressed voltage and form the numerous optical intermediate states. In addition, hysteresis is small. Then, the distinct gradation display is made possible by driving such liquid crystal display element.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-328047

(43) 公開日 平成8年(1996)12月13日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/141		G 0 2 F	5 1 0
	1/133	5 7 5		5 7 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-157116

(22) 出願日 平成7年(1995)5月31日

(71) 出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72) 発明者 田中 富雄

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72) 発明者 吉田 哲志

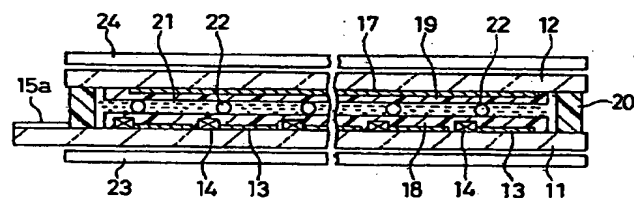
東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(54) 【発明の名称】 反強誘電性液晶表示素子

(57) 【要約】

【目的】 アクティブマトリクスタイプの反強誘電性液晶表示素子に、明確な階調表示を行なわせることである。

【構成】 アクティブマトリクス方式の液晶表示素子に、液晶分子の配列状態が互いに異なる第1と第2の強誘電相と反強誘電相を有し、分子長軸回りに回転する液晶分子からなる反強誘電性液晶21を、スメクティックC^{*}相の液晶分子の描く二重螺旋構造が消失した状態で封止する。反強誘電性液晶21に電圧を印加すると、液晶分子の回転が抑制されて印加電界に垂直な方向に液晶分子が傾く。この液晶分子の傾きは印加電圧に対応するため、反強誘電性液晶21のダイレクタは印加電圧に応じて連続的に変化し、無数の光学的中間状態を生成する。また、ヒステリシスも小さい。従って、この液晶表示素子を駆動することにより、明確な階調表示が可能となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】対向する一対の基板の一方に画素電極を、他方の基板に前記画素電極に対向する対向電極をそれぞれ形成し、前記一対の基板間に、スメクティックC^{*}相の二重螺旋構造が消失した状態で封止されており、印加電圧に応じて、各液晶分子が電界と垂直方向に傾くことにより、ダイレクタが変化する反強誘電性液晶を封入し、階調表示を可能としたことを特徴とする反強誘電性液晶表示素子。

【請求項2】画素電極と画素電極に接続されたアクティブ素子がマトリクス状に複数配列された一方の基板と、前記画素電極に対向する対向電極が形成された他方の基板と、

前記基板の間に封入され、液晶分子の配列状態が互いに異なる第1と第2の強誘電相と反強誘電相を有し、印加電圧に応じて、液晶分子が電界と垂直な方向に傾くことにより、ダイレクタが変化し、前記強誘電相と前記反強誘電相の間の中間の状態を有する反強誘電性液晶、を備えたことを特徴とする反強誘電性液晶表示素子。

【請求項3】前記液晶分子は、前記印加電圧と自発分極の相互作用による分子長軸回りの回転の抑制により、電界と垂直な方向に傾くことを特徴とする請求項1又は2に記載の反強誘電性液晶表示素子。

【請求項4】前記反強誘電性液晶のナチュラルピッチは、前記反強誘電性液晶の層の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項1、2又は3に記載の反強誘電性液晶表示素子。

【請求項5】前記反強誘電性液晶表示素子は、さらに、前記反強誘電相における前記反強誘電性液晶のダイレクタに平行又は直交する方向に光学軸が配置された第1の偏光板と、前記液晶を介して前記第1の偏光板に対向し、前記第1の偏光板の光学軸に平行又は直交するように光学軸が設定された第2の偏光板を備える、ことを特徴とする請求項2に記載の反強誘電性液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】この発明は反強誘電性液晶（AFLC、AntiFerroelectric Liquid Crystal）を用いた液晶表示素子に関し、特に、階調表示が可能なAFLC液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】強誘電性液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、ネマティック液晶を用いるTNモードの液晶表示素子と比較して、高速応答、広い視野角が得られる等の点で注目されている。

【0003】強誘電性液晶表示素子として、強誘電性液晶を用いた強誘電性液晶表示素子と反強誘電性液晶を用いた反強誘電性液晶表示素子とが知られている。

2

【0004】反強誘電性液晶表示素子は、反強誘電性液晶が備える配向状態の安定性を利用して画像を表示するものである。即ち、反強誘電性液晶は、液晶分子の配向に3つの安定状態を有し、第1のしきい値以上の電圧を該液晶に印加したとき、印加電圧の極性に応じて液晶分子が第1の配向方向に配列する第1の強誘電相または第2の配向方向に配列する第2の強誘電相に配向し、前記第1のしきい値より低い第2のしきい値以下の電圧を印加したとき、第1と第2の強誘電相の中間の配列状態である反強誘電相に配向する。液晶表示素子の両側に配置する一対の偏光板の透過軸の方向を反強誘電相の光学軸を基準にして設定することにより、図10にその印加電圧-透過率特性を示すように、光の透過率を制御して画像を表示することができる。

【0005】反強誘電性液晶は、印加電圧が変化しても、上記第1と第2のしきい値の間の範囲であれば、第1または第2の強誘電相または反強誘電相に配向した状態を維持するというメモリ性を有している。従来の反強誘電性液晶表示素子は、このメモリ性を利用して単純マトリクス駆動されている。

【0006】反強誘電性液晶の配向状態のメモリ性は、液晶が第1または第2の強誘電相から反強誘電相に相転移する電圧と、反強誘電相から第1または第2の強誘電相に相転移する電圧との電圧差によって定まり、この電圧差が大きいほど、配向状態のメモリ性が高い。即ち、光学特性のヒステリシスが大きい程メモリ性が高い。このため、従来の単純マトリクス駆動される反強誘電性液晶表示素子では、反強誘電性液晶として、上記電圧差が大きい液晶を用いている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、メモリ性の高い反強誘電性液晶を用いる従来の反強誘電性液晶表示素子は、光の透過率を任意に制御することができず、表示階調の制御がほとんど不可能で、階調表示を実現することはできなかった。

【0008】この発明は上記実状に鑑みてなされたもので、明確な階調表示を実現できる反強誘電性液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明の第1の観点にかかる反強誘電性液晶表示素子は、対向する一対の基板の一方に画素電極を、他方の基板に前記画素電極に対向する対向電極をそれぞれ形成し、前記一対の基板間に、スメクティックC^{*}相の二重螺旋構造が消失した状態で封止されており、印加電圧に応じて、各液晶分子が電界と垂直方向に傾くことにより、ダイレクタ（液晶分子の平均的な長軸方向）が変化する反強誘電性液晶を封入し、階調表示を可能としたことを特徴とする。

【0010】上記目的を達成するため、この発明の第2

3

の観点にかかる反強誘電性液晶表示素子は、画素電極と画素電極に接続されたアクティブ素子がマトリクス状に複数配列された一方の基板と、前記画素電極に対向する対向電極が形成された他方の基板と、前記基板の間に封入され、液晶分子の配列状態が互いに異なる第1と第2の強誘電相と反強誘電相を有し、印加電圧に応じて、液晶分子が電界と垂直な方向に傾くことにより、ダイレクタが変化し、前記強誘電相と前記反強誘電相の間の中間の状態を有する反強誘電性液晶、を備えたことを特徴とする。

【0011】

【作用】上記構成の液晶表示素子によれば、反強誘電性液晶がその二重螺旋構造が消失した状態で液晶表示素子に封止されている。従って、反強誘電性液晶は、第1と第2の強誘電相と反強誘電相の3つの基本的な相を備える。この発明では、印加電圧に応じて、例えば、液晶分子の分子長軸回りの回転が阻害されて自発分極が生じ、液晶分子が電界と垂直な面内で動く（傾く）反強誘電性液晶を用いる。このため、印加電圧を制御することにより、液晶分子の平均的な配向方向、即ち、ダイレクタを連続的に変化させることができる。このため、この発明の液晶表示素子の光学特性は、印加電圧に対する透過率が滑らかに変化するものとなる。さらに、ヒステリシスも小さい。従って、アクティブ素子により、非選択期間も該液晶に表示階調に対応する印加電圧を保持することにより、任意の階調の表示が可能となる。

【0012】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。まず、この実施例の反強誘電性液晶表示素子の構成を説明する。図1は反強誘電性液晶表示素子の断面図、図2は画素電極とアクティブ素子を形成した基板の平面図である。

【0013】この反強誘電性液晶表示素子は、アクティブマトリクス方式のものであり、一対の透明基板（例えば、ガラス基板）11、12のうち、図1において下側の基板（以下、下基板）11には透明な画素電極13と画素電極13に接続されたアクティブ素子14とがマトリクス状に配列形成されている。

【0014】アクティブ素子14は、例えば、薄膜トランジスタ（以下、TFT）から構成される。TFT14は、基板11上に形成されたゲート電極と、ゲート電極を覆うゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜の上に形成された半導体層と、半導体層の上に形成されたソース電極及びドレイン電極とから構成されている。

【0015】さらに、下基板11には、図2に示すように、画素電極13の行間にゲートライン（走査ライン）15が配線され、画素電極13の列間にデータライン（階調信号ライン）16が配線されている。各TFT14のゲート電極は対応するゲートライン15に接続され、ドレイン電極は対応するデータライン16に接続さ

4

れている。

【0016】ゲートライン15は、端部15aを介して行ドライバ（行駆動回路）31に接続され、データライン16は端部16aを介して列ドライバ（列駆動回路）32に接続される。行ドライバ31は、後述するゲート信号を印加して、ゲートライン15をスキャンする。一方、列ドライバ32は、表示データ（階調データ）を受け、データライン16に表示データに対応するデータ信号を印加する。

10 【0017】ゲートライン15は端部15aを除いてTFT14のゲート絶縁膜（透明膜）で覆われており、データライン16は前記ゲート絶縁膜の上に形成されている。画素電極13は前記ゲート絶縁膜の上に形成されており、その一端部においてTFT14のソース電極に接続されている。

【0018】図1において、上側の基板（以下、上基板）12には、下基板11の各画素電極13と対向する透明な対向電極17が形成されている。対向電極17は表示領域全体にわたる面積の1枚の電極から構成され、基準電圧V0が印加されている。

20 【0019】下基板11と上基板12の電極形成面には、それぞれ配向膜18、19が設けられている。配向膜18、19はポリイミド等の有機高分子化合物からなる水平配向膜であり、その対向面には同一方向（後述する配向方向21Cにほぼ等しい方向）にラビングによる配向処理が施されている。

【0020】下基板11と上基板12は、その外周縁部において枠状のシール材20を介して接着されており、基板11、12間のシール材20で囲まれた領域には液晶21が封入されている。

30 【0021】液晶21は、スメクティックCA*相の反強誘電性液晶（以下、AFLC）から構成され、その層の厚さは透明なギャップ材22により規制されている。ギャップ材22は液晶封入領域内に点在状態で配置されている。

【0022】AFLC21は、分子長軸回りの回転力の強い液晶である。十分高い電圧が印加された時、印加された電圧の極性に応じて、液晶分子の長軸が図3に示す第1の配向方向21Aにほぼ配列した第1の強誘電相と前記第1の配向方向と異なる第2の配向方向21Bにほぼ配列した第2の強誘電相、及びダイレクタがスメクティックCA*相の層構造の層の法線方向21Cに向いた状態の反強誘電相と、これらの中間状態を呈する。

50 【0023】液晶表示素子の上下には、一対の偏光板23、24が配置されている。偏光板23、24の光学軸（以下、透過軸とする）は、AFLC21の液晶分子の配向方向に基づいて設定されている。即ち、図3に示すように、下側の偏光板23の透過軸23Aは配向処理の方向21Cにほぼ一致するスメクティック層の法線方向とほぼ平行に設定され、上側偏光板24の透過軸24A

5

は下偏光板 23 の透過軸 23A にほぼ直角に設定されている。

【0024】図 3 に示すように偏光板 23、24 の透過軸 23A、24A を設定した反強誘電性液晶表示素子は、液晶分子（の長軸）が第 1 又は第 2 の配向方向 21A、21B をほぼ向くように配向した強誘電相の時に透過率がほぼ最大（表示が最も明るく）になり、液晶分子の平均的方向が第 3 の配向方向 21C に向くようにほぼ配向した反強誘電相の時に透過率がほぼ最小（表示が最も暗く）になる。

【0025】すなわち、AFLC21 の液晶分子の長軸がほぼ第 1 または第 2 の配向方向 21A、21B を向いた状態では、入射側の偏光板 23 の透過軸 23A を通過した直線偏光は AFLC21 の複屈折作用により非直線偏光となり、出射側偏光板 24 の透過軸 24A と平行な成分が出射し、表示は明るくなる。一方、AFLC21 のダイレクタが第 3 の配向方向 21C を向いた状態では、入射側の偏光板 23 を通った直線偏光は AFLC21 の複屈折作用をほとんど受けず、直線偏光のまま AFLC21 を通過し、そのほとんどが出射側の偏光板 14 で吸収され、表示が暗くなる。また、AFLC21 が光学的中間状態の時は、AFLC21 のダイレクタの方向に応じた階調が得られる。

【0026】次に、AFLC21 についてより詳細に説明する。AFLC21 は、例えば、コーンアングルが 30° から 45° （望ましくは、 35° 以上）と大きく、I、SmA、SmCA* というシーケンスで相転移するスメクティック CA* 相の液晶から構成され、図 4 に示すように、バルクの状態では分子配列の層構造と螺旋構造を有している。通常の強誘電性液晶と異なり、隣接する液晶分子は層毎にコーンのほぼ 180° シフトして螺旋を描いた二重螺旋構造を有する。また、AFLC21 は分子長軸回りの回転力の強い液晶である。AFLC21 の層の厚さ（セルギャップ）は、AFLC21 の螺旋構造の 1 ピッチ（ナチュラルピッチ）よりも小さく形成されている。このため、AFLC21 は、図 5 に模式的に示すように、二重螺旋構造が消失した状態で基板 11、12 間に封止されている。

【0027】図 6 は、印加電圧による液晶分子の配向を説明するための図であり、各液晶分子を基板面に投影した示である。電圧無印加の状態では、反強誘電的相互作用（反強誘電相の分子配列を維持しようとする相互作用）により、図 6（A）に示すように第 1 と第 2 の配向方向 21A と 21B に層毎に交互に向いた状態となる。この状態では、層内では自発分極が発生するが、隣接する層の永久双極子が互いに反対方向を向き、双極子モーメントが互いに打ち消しあって総合的には自発分極は存在せず、反強誘電相となる。空間的に平均された AFLC21 の光学軸は液晶分子の平均的な配向方向であるスメクティック層（スメクティック相の層構造の層）の法

6

線 21C にほぼ平行になる。また、この状態では、液晶分子は、液晶分子相互の反強誘電的相互作用に拘束されながらその長軸の回りに回転している。

【0028】ここで、基板 11、12 の主面に垂直な方向（図 5 に示すように）に飽和電圧 E_C 未満の電界が印加されると、液晶分子の長軸回りの回転が、印加電圧の大きさに応じて抑制されて分極が発生する。この分極と電界の相互作用により、液晶分子は、コーンをはずれて、電界と垂直な方向に傾く。

10 【0029】これを基板面に投影して示すと、図 6

（B）に示すように、図 6（A）に実線で示すような反強誘電相の液晶分子群に電圧 E を印加すると、破線で示すように分子が傾く。このとき、第 2 の配向方向 21B に配向していた液晶分子の傾き角は大きく、第 1 の配向方向 21A に配向していた液晶分子の傾き角は小さい。しかし、その平均値は印加電界の強度に対応する。また、第 2 の配向方向 21B に配向している分子は印加する電界の向きを反転すると、傾きの方向が反転する。

【0030】また、図 6（A）に実線で示すような反強誘電相の液晶分子群に反対極性の電圧 E を印加すると、図 6（C）に破線で示すように反対方向に分子が傾く。このとき、第 1 の配向方向 21A に配向していた液晶分子の傾き角は大きく、第 2 の配向方向 21B に配向していた液晶分子の傾き角は小さい。しかし、その平均値は印加電界の強度に対応する。また、第 2 の配向方向 21B に配向している分子は印加する電界の向きを反転すると、傾きの方向が反転する。

【0031】AFLC21 にある一定値 E_c 以上の電圧（飽和電圧）を印加することにより、図 6（C）及び
30 （E）に示すように、印加電圧の極性に応じて液晶分子が第 1 又は第 2 の配向方向 21A、21B から、印加電圧に対応する所定角度傾いた方向（第 4 及び第 5 の配向方向）に配向する。この状態では、隣接する層の永久双極子が互いに同一方向を向き、自発分極が存在し、第 1 又は第 2 の強誘電相となる。この状態では、液晶分子の回転は印加電界により大幅に抑制されており、大きな自発分極が現れる。

【0032】即ち、この実施例の AFLC21 は、印加電圧 E に応じて液晶分子が傾くため、印加電圧を制御することにより、反強誘電相と強誘電相の間の中間状態
40 で、ダイレクタを連続的に変化させることができる。従って、その平均的な光学軸も、ほぼ第 1 の配向方向 21A（正確には第 4 の配向方向）と第 3 の配向方向 21C 及び第 2 の配向方向 21A（正確には第 5 の配向方向）と第 3 の配向方向 21C の間で連続的に変化する。また、極性が異なり絶対値が等しい印加電圧に対する透過率の変化もほぼ等しくなる。

【0033】このため、偏光板 23、24 を図 3 に示すように配置し、0.1Hz 程度の十分低周波の三角波電圧を画素電極 13 と対向電極 17 との間に印加して得ら
50

7

れる光学特性は、図 7 に示すように、印加電圧 0 V 近傍において平坦な部分がなく、印加電圧の絶対値の上昇に伴って光学特性も連続的になめらかに変化するものとなる。さらに、印加電圧の極性に対して透過率のカーブも対称となる。また、絶対値が一定値 (E_c) 以上の電圧が印加されると、透過率は飽和する。さらに、ヒステリシスが非常に小さい。

【0034】このような光学特性を示す液晶表示素子によれば、印加電圧 E に対し表示階調が一義的に定まり、しかも、任意の階調を得ることができる。従って、上述のように、液晶表示素子をアクティブマトリクス型として、各画素の非選択期間に、印加電圧を表示階調に対応するほぼ一定値に維持することにより、任意の階調が表示可能となる。ここで、透過光量が最大値の 50% となる位置での電圧幅 (ヒステリシス幅) $\Delta 50$ は、ほぼ 0.1 V 以下となる A F L C 2 1 が望ましい。

【0035】次に、上記構成の液晶表示素子に階調表示を行わせる場合の駆動方法について説明する。図 8

(A) は、行ドライバ 31 が第 1 行の T F T 14 に接続されたゲートライン 15 に印加するゲート信号の波形を示し、図 8 (B) は、列ドライバ 32 がデータライン 16 に印加するデータ信号の波形を示し、図 8 (C) は各画素に保持される電圧を示す。なお、理解を容易にするため、第 1 行の画素用のデータ信号のみ示し、他の行用のデータ信号は図示しない。

【0036】図 8 (A) ~ 図 8 (C) において、T F は 1 フレーム期間、T S は第 1 行の画素の選択期間、T O は非選択期間を示す。各選択期間 T S は、例えば、約 60 μ 秒である。この実施例においては、図 8 (B) に示すように、連続する 2 つのフレームの選択期間 T s に、表示階調に応じ、極性が反対で絶対値が同一の電圧値 V D、 $-V D$ を有する駆動パルス (書き込みパルス) をデータライン 16 に印加する。即ち、1 つの映像信号 (表示データ) について、電圧値が $+V D$ と $-V D$ の 2 つの駆動パルスを 2 つのフレームの各選択期間 T S にそれぞれ 1 つずつ A F L C 2 1 に印加する。駆動パルスの極性及び電圧値は、データ信号の基準電圧 V_0 に対する極性と電圧である。基準電圧 V_0 は対向電極 7 に印加する電圧と同一である。

【0037】この駆動方法では、書き込み電圧 V D の最小値を V_0 とし、最大値 V_{max} を透過率の飽和が起こる電圧 E_c よりも若干低い値として、 V_0 乃至 V_{max} の範囲で書き込み電圧 V D を制御する。

【0038】上記のような波形のゲート信号とデータ信号とを用いて上記反強誘電性液晶表示素子を駆動すると、各行の選択期間 T S に、駆動パルスの電圧 (書き込み電圧) V D がゲート信号によりオンしている T F T 14 を介して画素電極 13 に印加される。ゲート信号がオフし、非選択期間 T O になると、T F T 14 がオフ状態になり、図 8 (C) に示すように、書き込み電圧 V D

8

が、画素電極 13 と対向電極 17 とその間の A F L C 2 1 とで形成される容量 (画素容量) に保持される。このため、図 8 (C) 非選択期間 T O の間、その画素の透過率が、画素容量の保持電圧に対応する値に維持される。

【0039】この実施例では、A F L C 2 1 として印加電圧の変化に対する明確な閾値を有さず、透過率が連続的に変化するものを使用し、しかも、図 3 に示す光学配置を採用しているので、書き込み電圧 V D の絶対値に対する透過率が一義的に定まり、書き込み電圧 V D の絶対値により透過率を制御して、明確な階調表示を実現できる。また、連続する 2 つのフレームにより、1 つの画素データに対する正負逆極性の電圧 $+V D$ と $-V D$ を A F L C 2 1 に印加しているため、正負の電圧に対する光学特性が若干異なっているとしてもこれらの光学的変化の平均値として観察されるので、正負逆極性の電圧に対する光学的特性に差があっても明確な階調表示が可能である。

【0040】また、連続する 2 つのフレームで、極性が逆で絶対値が等しい電圧 $+V D$ と $-V D$ を各画素 (A F L C 2 1) に印加するので、A F L C 2 1 に直流電圧成分が片寄って印加されることがない。従って表示の焼き付き現象や A F L C 2 1 の劣化を生ずることもない。

【0041】具体例

図 9 は A F L C 2 1 として I - S A 転移温度が 68 $^{\circ}C$ 、S A - S C A* 転移温度が 54 $^{\circ}C$ 、自発分極が 132、チルト角が 30.4 $^{\circ}$ (コーンアングル 60.8 $^{\circ}$) の反強誘電性液晶を使用し、配向処理方向及び偏光板の透過軸の方向を図 3 に示したように設定し、各選択期間 T S を 60 μ 秒とし、図 8 (B) に示すように絶対値が同一の電圧を有する駆動パルスを 2 つのフレームで異なった極性とし、書き込み電圧を 0 V ~ 10 V の範囲で変化させた場合の印加電圧と透過率の関係を示す。このグラフから明らかなように、この液晶表示素子及びこの駆動方法によれば、書き込み電圧を変化させることにより、透過率が連続的に変化する、さらに、書き込み電圧に応じて表示階調がほぼ一義的に定まり、階調表示が可能になる。

【0042】この発明は上記実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、液晶表示素子の駆動方法、駆動波形等は任意に変更可能である。また、偏光板 23 と 24 の透過軸 23 A と 23 B は平行に設定されてもよい。また、偏光板の光学軸は吸収軸でもよい。また、一方の偏光板の光学軸を第 1 又は第 2 の配向方向 21 A 又は 21 B に平行又は直角とし、他方の偏光板の光学軸を一方の偏光板の光学軸に平行又は直交させてもよい。また、この発明は T F T をアクティブ素子とする反強誘電性液晶表示素子に限らず、M I M をアクティブ素子とする反強誘電性液晶表示素子にも適用可能である。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の液晶表示素子は、スメクテック C A* 相の反強誘電性液晶の有する二重螺旋構造が消失した状態の反強誘電性液晶を用

い、印加電圧に応じて発生する分極と電圧の相互作用による液晶分子の傾きにより、強誘電相と反強誘電相の間の多数の中間的な状態を生成できる。従って、この中間的な状態を用いて明確な階調表示を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の一実施例にかかる液晶表示素子の構造を示す断面図である。

【図 2】 図 1 に示す液晶表示素子の下基板の構成を示す平面図である。

【図 3】 偏光板の透過軸と液晶分子の配向方向の関係を 10 示す図である。

【図 4】 反強誘電性液晶の液晶分子の描く二重螺旋構造を説明するための図である。

【図 5】 基板間に封止された液晶分子の配向状態を説明するための図である。

【図 6】 印加電圧と液晶分子の配向との関係を示す図であり、(A) は電圧を印加していない時の液晶分子の配向を説明するための図であり、(B) は第 1 の極性の中間電圧を印加した時の液晶分子の配向を説明するための図であり、(C) は第 1 の極性で十分大きい電圧を印加した時の液晶分子の配向を説明するための図であり、

(D) は第 2 の極性の中間電圧を印加した時の液晶分子の配向を説明するための図であり、(E) は第 2 の極性で十分大きい電圧を印加した時の液晶分子の配向を説明 *

* するための図である。

【図 7】 この発明の一実施例の反強誘電性液晶表示素子に低周波の三角波電圧を印加した時の、印加電圧-透過率特性を示すグラフである。

【図 8】 この発明の一実施例の液晶表示素子の駆動方法を説明するためのタイミングチャートであり、(A) はゲート信号、(B) はデータ信号、(C) は各画素に保持される電圧を示すタイミングチャートである。

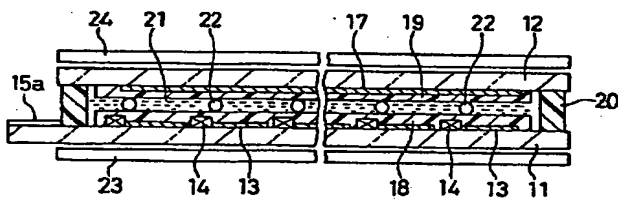
【図 9】 図 8 に示す駆動方法を用いてこの発明の一実施例の液晶表示素子を駆動した時の印加電圧-透過率特性を示す図である。

【図 10】 従来の反強誘電性液晶表示素子に低周波の三角波電圧を印加した時の、印加電圧-透過率特性を示すグラフである。

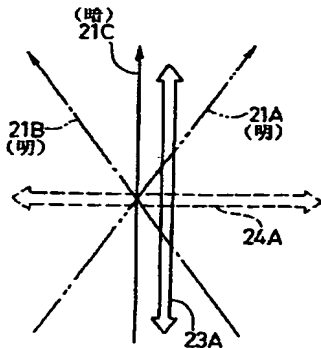
【符号の説明】

11...透明基板(下基板)、12...透明基板(上基板)、13...画素電極、14...アクティブ素子(TFT)、15...ゲートライン(走査ライン)、16...データライン(階調信号ライン)、17...対向電極、18...配向膜、19...配向膜、20...シール材、21...反強誘電性液晶(AFLC)、22...ギャップ材、23...偏光板(下偏光板)、24...偏光板(上偏光板)、21...行ドライバ(行駆動回路)、22...列ドライバ(列駆動回路)

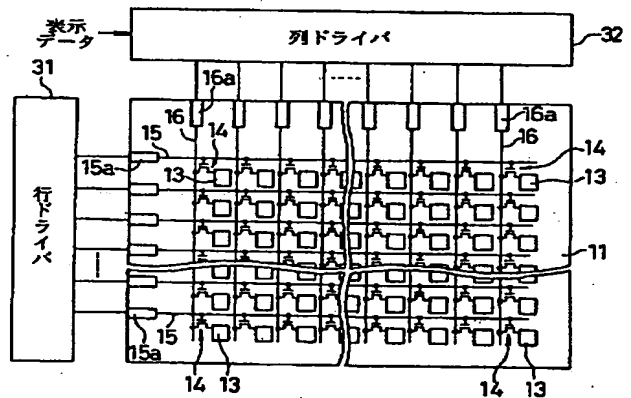
【図 1】



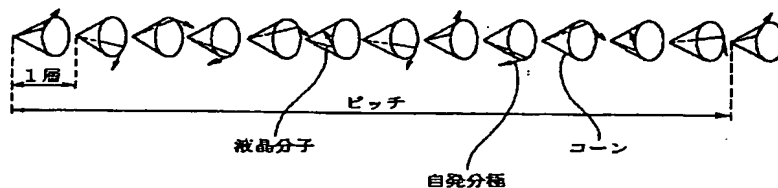
【図 3】



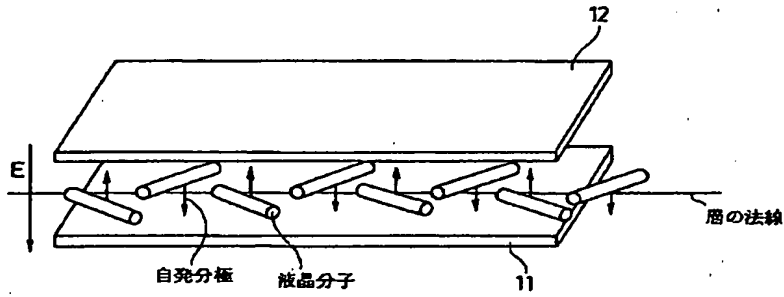
【図 2】



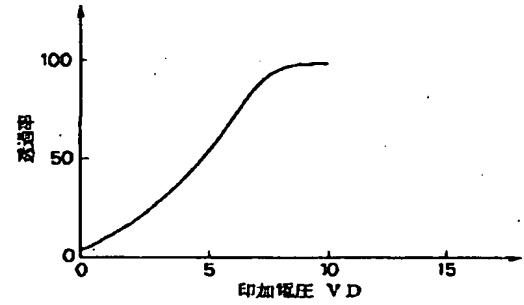
【図 4】



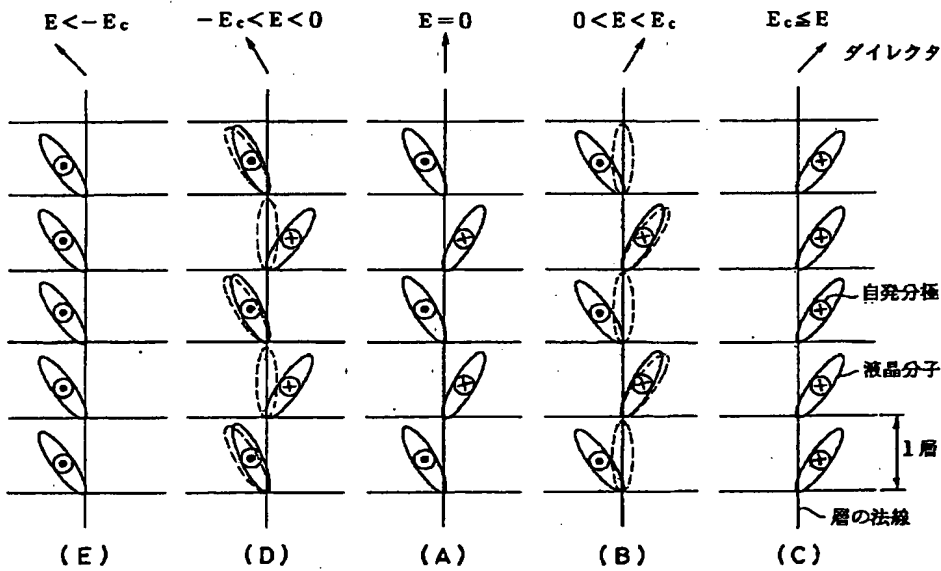
【図 5】



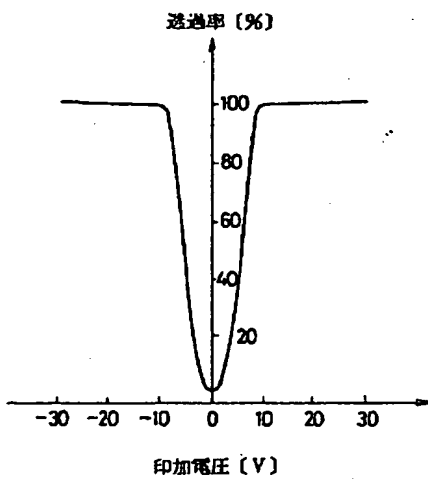
【図 9】



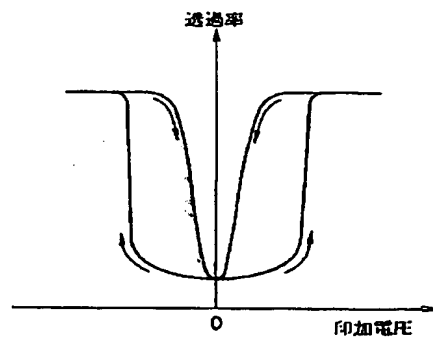
【図 6】



【図 7】



【図 10】



【図 8】

